

5

## Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine

### Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft zunächst eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine, mit mindestens zwei Ventilelementen, welche jeweils eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche aufweisen, denen ein hydraulischer Steuerraum zugeordnet ist, mit einem Steuerventil, welches den Druck in dem Steuerraum beeinflusst, und mit Beaufschlagungseinrichtungen, welche in Öffnungsrichtung der Ventilelemente wirken können, wobei die im Steuerraum herrschenden hydraulischen Öffnungsdrücke der Ventilelemente unterschiedlich sind.

15

20

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

25

Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art ist aus der DE 101 22 241 A1 bekannt. Diese zeigt eine Einspritzdüse für Brennkraftmaschinen mit zwei koaxial angeordneten Ventilelementen. Beide Ventilelemente sind hubgesteuert, das heißt, sie öffnen, wenn der Druck eines Hydraulikfluids in einem Steuerraum abgesenkt wird. Die in Öffnungsrichtung wirkende Kraft der Ventilelemente wird durch einen an einer entsprechenden Druckfläche angreifenden Einspritzdruck bereitgestellt. Dabei öffnet das äußere Ventilelement zuerst und dann das innere

30

35

Ventilelement. Soll nur das äußere Ventilelement geöffnet werden, muss die Druckabsenkung im Steuerraum rechtzeitig beendet und der Druck wieder erhöht werden.

- 5 Die Gründe für die Realisierung von Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen mit mehreren Ventilelementen sind folgende:

Insbesondere bei Dieselmotoren ist zur Senkung  
10 der Emissionen und zur Steigerung des Wirkungsgrads erforderlich, den Kraftstoff möglichst fein zerstäubt in die entsprechenden Brennräume der Brennkraftmaschine einzuspritzen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Einspritzdruck, mit dem der Kraftstoff in die Kraftstoff-  
15 Einspritzvorrichtung gelangt, hoch ist.

Durch die Verwendung von mehreren Ventilelementen, welche jeweils eine gewisse Anzahl von Kraftstoff-Austrittsöffnungen freigeben, kann auch dann, wenn nur eine  
20 kleine Kraftstoffmenge eingespritzt werden soll, eine ausreichend lange Einspritzdauer bei guter Zerstäubungsqualität erzielt werden, ohne gleichzeitig in jenem Fall, in dem eine große Kraftstoffmenge eingespritzt werden soll, eine übermäßig lange Einspritzdauer und/oder  
25 einen übermäßig hohen Einspritzdruck in Kauf nehmen zu müssen.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so  
30 weiterzubilden, dass sie möglichst einfach angesteuert werden kann und dennoch zuverlässig arbeitet. Gleichzeitig soll bei ihrem Einsatz an der entsprechenden Brennkraftmaschine ein gutes Emissions- und Verbrauchsverhalten erzielt werden können. Aufgabe der  
35 vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Verfahren der

eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass auch dann, wenn nur ein Ventilelement betätigt werden soll, dies erforderlichenfalls möglichst schnell geschieht.

- 5 Die erstgenannte Aufgabe wird bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass durch das Steuerventil im Steuerraum mindestens drei unterschiedliche Druckniveaus eingestellt werden können, wobei bei einem vergleichsweise hohen
- 10 Druckniveau alle Ventilelemente geschlossen, bei einem mittleren Druckniveau ein Ventilelement geöffnet, und bei einem vergleichsweise niedrigen Druckniveau alle Ventilelemente geöffnet sind.
- 15 Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird die zweitgenannte Aufgabe dadurch gelöst, dass bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der obigen Art zum Öffnen nur eines Ventilelements zunächst der Steuerraum mit einem Niederdruckanschluss und dann gleichzeitig mit dem
- 20 Niederdruckanschluss und einem Hochdruckanschluss verbunden wird.

#### Vorteile der Erfindung

- 25 Bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kann ein zusätzliches mittleres Druckniveau im Steuerraum eingestellt werden, bei dem das eine Ventilelement bereits geöffnet ist, bei dem das andere Ventilelement aber
- 30 geschlossen bleibt. Auf diese Weise können auch längere Einspritzdauern mit nur einem geöffneten Ventilelement realisiert werden, was besonders im Teillastbetrieb zu einem günstigen Emissions- und Verbrauchsverhalten einer Brennkraftmaschine führt, in die die erfindungsgemäße
- 35 Kraftstoff-Einspritzvorrichtung eingebaut ist. Gleichzeitig

baut die Vorrichtung einfach, da keine getrennten Ansteuerungen für die Ventilelemente mit voneinander getrennten Steuerräumen erforderlich ist. Gegebenenfalls kann die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung auch nur einen  
5 einzigen Steuerraum umfassen.

Der Vorteil des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens liegt darin, dass zunächst durch die Verbindung des Steuerräums nur mit dem Niederdruckanschluss der Druck im  
10 Steuerraum sehr schnell abgesenkt wird, durch die anschließende zusätzliche Verbindung des Steuerräums mit dem Hochdruckanschluss diese Druckabsenkung jedoch begrenzt wird, nämlich auf das Niveau eines entsprechenden Zwischendrucks. Der zweite Verfahrensschritt erfolgt  
15 vorteilhafterweise, bevor das Ventilelement eine geöffnete Endstellung erreicht hat.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

20

Zunächst wird vorgeschlagen, dass der Steuerraum über eine Zulaufdrossel mit einem Hochdruckanschluss verbunden ist, dass das Steuerventil einerseits mit dem Steuerraum und andererseits mit einem Niederdruckanschluss verbunden ist.  
25 Bei einer derartigen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kann mit nur zwei Druckanschlüssen, nämlich einem Hochdruckanschluss und einem Niederdruckanschluss, und einem einfachen Steuerventil die Kraftstoffeinspritzung komplett gesteuert werden. Diese Ausgestaltung ist daher  
30 preiswert und arbeitet im Betrieb zuverlässig.

In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass das Steuerventil eine Schaltkammer mit einem Schaltelement aufweist, welches in einer ersten Schaltstellung an einem  
35 zum Niederdruckanschluss führenden ersten Ventilsitz

anliegt, in einer zweiten Schaltstellung an einem zu einem Bypasskanal führenden zweiten Ventilsitz anliegt, wobei der Bypasskanal mit dem Hochdruckanschluss verbunden ist, und in einer dritten Schaltstellung weder am ersten Ventilsitz  
5 noch am zweiten Ventilsitz anliegt. Ein solches Steuerventil baut einfach und ist daher preiswert.

Durch den Bypasskanal kann in der Schaltkammer ein hoher, ein mittlerer, oder ein niedriger Fluiddruck eingestellt  
10 werden. Entsprechend ergeben sich die jeweiligen Enddrücke im Steuerraum, und entsprechend ergeben sich auch die Geschwindigkeiten, mit denen der Druck im Steuerraum abfällt. Darüber hinaus kann durch die Verbindung der Schaltkammer mit dem Hochdruckanschluss am Ende einer  
15 Einspritzung der Steuerraum auch über die Schaltkammer mit dem Hochdruckanschluss verbunden werden, so dass der Druck im Steuerraum sehr schnell ansteigt und die Ventilelemente schnell schließen. Dies ist im Hinblick auf das Emissionsverhalten besonders vorteilhaft.

20 In nochmaliger Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass das Steuerventil in der dritten Schaltstellung zum Niederdruckanschluss hin eine Drosselstelle bildet. Dies ermöglicht eine Begrenzung des Kraftstoffstroms vom  
25 Hochdruckanschluss direkt zum Niederdruckanschluss hin. In der Folge muss weniger Kraftstoff gefördert werden, und es kann eine kleinere Kraftstoffpumpe zum Einsatz kommen.

Möglich ist auch, dass der Steuerraum mit dem  
30 Hochdruckanschluss verbunden ist, dass das Steuerventil über mindestens zwei Steuerkanäle mit dem Steuerraum verbunden ist, und dass das Steuerventil in einer ersten Schaltstellung alle Steuerkanäle von einem Niederdruckanschluss trennt, in einer zweiten  
35 Schaltstellung einen Steuerkanal mit dem

Niederdruckanschluss verbindet, und in einer dritten Schaltstellung alle Steuerkanäle mit dem Niederdruckanschluss verbindet.

- 5 Da der maximale Zustrom von Kraftstoff vom Hochdruckanschluss in den Steuerraum hinein begrenzt ist, stellt sich je nach Abströmquerschnitt, der durch die Anzahl der ausgewählten Steuerkanäle eingestellt wird, ein höheres oder niedrigeres Druckniveau im Steuerraum ein.
- 10 Dies ermöglicht es, einen beliebigen Öffnungszeitpunkt des anderen Ventilelements einstellen zu können. Insbesondere können bei Volllast beide Ventilelemente direkt bei Einspritzbeginn geöffnet werden. Damit wird eine maximale Einspritzmenge bei gegebener Einspritzdauer erreicht.
- 15 Diese Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist technisch einfach zu realisieren und daher besonders preiswert. Grundsätzlich ist denkbar, dass die Steuerkanäle identisch sind und daher bei einer Verdopplung der Anzahl von Steuerkanälen ein
- 20 doppelter Abströmquerschnitt zur Verfügung steht. Man kann die Steuerkanäle aber auch unterschiedlich ausgestalten mit einem jedem Steuerkanal zugeordneten ganz bestimmten Drosselverhalten. Auf diese Weise können die im Steuerraum herrschenden Druckniveaus sehr präzise eingestellt werden.
- 25 Eine weitere, einfach zu realisierende Möglichkeit, unterschiedliche Druckniveaus im Steuerraum zu realisieren, besteht darin, dass der Steuerraum mit einem Hochdruckanschluss verbunden ist, dass das Steuerventil den
- 30 Steuerraum in einer ersten Schaltstellung mit einem Niederdruckanschluss verbindet und in einer zweiten Schaltstellung von diesem trennt, und dass das Steuerventil fortgesetzt von der ersten Schaltstellung in die zweite Schaltstellung und zurück steuerbar ist.

Bei dieser besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist für die Einstellung der unterschiedlichen Druckniveaus im Steuerraum nur ein einfaches 2/2-Schaltventil erforderlich.

5 Im einfachsten Fall wird das Ventil wieder geschlossen, kurz bevor das als zweites öffnende Ventilelement seine Öffnungsbewegung beginnt (vorzugsweise, bevor das zuerst öffnende Ventilelement seine geöffnete Endstellung erreicht), und es wird wieder geöffnet, kurz bevor das  
10 zuerst öffnende Ventilelement so stark schließt, dass der austretende Kraftstoffstrom in unzulässiger Weise gedrosselt wird. Bei dem mittleren Druckniveau handelt es sich also um einen Mittelwert eines pulsierenden Druckverlaufs, welcher durch das Öffnen und Schließen des  
15 Steuerventils verursacht wird. Durch ein schnell aufeinanderfolgendes Öffnen und Schließen, beispielsweise durch eine getaktete oder gepulste Ansteuerung, kann alternativ ein konstantes mittleres Druckniveau eingestellt werden.

20

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sieht vor, dass die Ventilelemente coaxial sind und eine axiale Begrenzungsfläche des Steuerraums einen umlaufenden  
25 Dichtbereich aufweist, welcher in einer geöffneten Endstellung des äußeren Ventilelements den Steuerraum in einen äußeren, mit dem Hochdruckanschluss verbundenen Bereich, und einen inneren, mit dem Steuerventil verbundenen Bereich unterteilt. Durch die coaxiale Bauweise  
30 baut die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sehr kompakt. Durch den Dichtbereich wird in der geöffneten Endstellung des äußeren Ventilelements der der Steuerfläche des inneren Ventilelements zugeordnete Steuerraumbereich vom Zustrom unter Hochdruck stehenden Kraftstoffs getrennt. Der Druck  
35 in diesem Steuerraumbereich fällt daher besonders schnell

ab, so dass das innere Ventilelement entsprechend schnell öffnet. Dies verringert die Emissionen.

Bei allen oben angegebenen Kraftstoff-

- 5 Einspritzvorrichtungen ist es wünschenswert, dass das Steuerventil sehr schnell schaltet. Dies kann dann auf einfache Art und Weise realisiert werden, wenn das Steuerventil einen Piezoaktor umfasst.
- 10 In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass das Steuerventil einen Ventilkörper umfasst, der hydraulisch mit dem Piezoaktor gekoppelt ist, wobei als Hydraulikfluid Leckagekraftstoff verwendet wird, welcher an einer Führung mindestens eines Ventilelements auftritt. Durch die
- 15 hydraulische Kopplung kann der vergleichsweise geringe Hub des Piezoaktors im Sinne einer hydraulischen Übersetzung verstärkt werden. Ein entsprechender Ventilkörper des Steuerventils kann daher beim Öffnen einen ausreichenden Strömungsquerschnitt freigeben, ohne große Abmessungen
- 20 aufzuweisen. Durch die Verwendung des ohnehin vorhandenen Leckagekraftstoffs für die hydraulische Kopplung kann auf eine zusätzliche Fluidversorgung verzichtet werden. Diese Kraftstoff-Einspritzvorrichtung baut daher dennoch kompakt und vergleichsweise preiswert.
- 25 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Ventilelement einen in Öffnungsrichtung auf das andere Ventilelement wirkenden
- 30 Mitnehmer aufweist. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das später öffnende Ventilelement genau dann öffnet, wenn das zuerst öffnende Ventilelement einen bestimmten Hub gemacht hat. Bei bestimmten Last-/Drehzahlsituationen der Brennkraftmaschine führt dies zu einem Einspritzverlauf,
- 35 bei dem besonders geringe Emissionen auftreten. Je nach



Druck im Steuerraum kann es aber auch sein, dass die Kraft, die der Mitnehmer auf das später öffnende Ventilelement ausübt, nicht ausreicht, um dieses zu öffnen. In diesem Fall wirkt der Mitnehmer als Anschlag, der den Hub des  
5 zuerst öffnenden Ventilelements begrenzt. Dies gestattet die Einspritzung äußerst kleiner Kraftstoffmengen.

In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass der Mitnehmer so ausgebildet ist, dass er erst kurz vor  
10 Erreichen des Maximalhubs des einen Ventilelements an das andere Ventilelement anstößt. Hierdurch wird sichergestellt, dass einerseits nur ein Ventilelement geöffnet sein kann, solange dieses seinen Maximalhub nicht erreicht, und dass andererseits das zweite Ventilelement  
15 sicher öffnet, indem das erste Ventilelement bis zum Maximalhub gebracht wird.

Besonders bevorzugt ist dabei jene Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, bei  
20 welcher die in Öffnungsrichtung des anderen Ventilelements wirkende Beaufschlagungseinrichtung und die hydraulische Steuerfläche des anderen Ventilelements so abgestimmt sind, dass dieses Ventilelement erst öffnet, wenn zusätzlich vom Mitnehmer des einen Ventilelements eine in Öffnungsrichtung  
25 wirkende Kraft ausgeübt wird. Damit das zweite Ventilelement öffnet, ist daher nicht nur eine Absenkung des Drucks im Steuerraum erforderlich, sondern zusätzlich die Mitnahme durch das zuerst öffnende Ventilelement. Dies ermöglicht eine Auslegung der Steuerflächen und der  
30 Beaufschlagungseinrichtungen so, dass die Öffnungsdrücke der Ventilelemente sich sehr deutlich unterscheiden, was die Zuverlässigkeit im Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung erhöht.

## Zeichnung

Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine teilweise geschnittene Darstellung von Bereichen eines ersten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit zwei koaxialen Ventilelementen;
- Figur 2 eine schematische Darstellung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 1 bei geschlossenen Ventilelementen;
- Figur 3 eine schematische Darstellung ähnlich Figur 2 während eines Öffnungsvorgangs zum Öffnen beider Ventilelemente;
- Figur 4 eine schematische Darstellung ähnlich Figur 2 mit geöffneten Ventilelementen;
- Figur 5 eine schematische Darstellung ähnlich Figur 2 mit nur einem geöffneten Ventilelement;
- Figur 6 ein Diagramm, in dem ein Druckverlauf in einem Steuerraum der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 2 während des in den Figuren 3 und 4 gezeigten Öffnungs- und Schließvorgangs aufgetragen ist;
- Figur 7 ein Diagramm ähnlich Figur 6 für den in Figur 5 gezeigten Fall;

- Figur 8 ein Diagramm, in dem der Verlauf der Schaltstellungen der Ventilelemente für den in Figur 6 gezeigten Druckverlauf aufgetragen ist;
- 5 Figur 9 ein Diagramm ähnlich Figur 8 für den in Figur 7 aufgetragenen Druckverlauf;
- Figur 10 eine schematische Darstellung ähnlich Figur 2 eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung;
- 10
- Figur 11 ein Diagramm, in dem die Stellung eines Steuerventils und eines äußeren Ventilelements über der Zeit bei einer ersten Ansteuervariante aufgetragen ist;
- 15
- Figur 12 ein Diagramm, in dem die Stellung eines Steuerventils und eines äußeren Ventilelements über der Zeit bei einer zweiten Ansteuervariante aufgetragen ist;
- 20
- Figur 13 einen teilweise schematischen Teilschnitt durch einen Bereich eines dritten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung;
- 25
- Figur 14 ein Teilbereich einer abgewandelten Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 13; und
- 30
- Figur 15 ein Teilbereich einer nochmals abgewandelten Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 13.
- 35 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 trägt eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst ein Gehäuse 12, welches wiederum unter anderem aus einem Düsenkörper 14 besteht. In diesem sind zwei zueinander koaxiale Ventilelemente 16 und 18 angeordnet. Beide Ventilelemente 16 und 18 weisen an ihrem in Figur 1 unteren Ende jeweils eine konische Druckfläche 20 beziehungsweise 22 auf, die bei geschlossenem Ventilelement 16 beziehungsweise 18 an einer entsprechenden gehäuseseitigen Dichtkante 24 beziehungsweise 26 anliegt. Von einem zwischen den beiden Dichtkanten 24 und 26 vorhandenen Ringraum (ohne Bezugszeichen) führen mehrere über den Umfang des Düsenkörpers 14 verteilt angeordnete Kraftstoff-Austrittskanäle 28 nach außen. Ferner führen von einem im Düsenkörper 14 an dessen unterem Ende vorhandenen Sackloch (ohne Bezugszeichen) ebenfalls über den Umfang des Düsenkörpers 14 verteilt angeordnete Kraftstoff-Austrittskanäle 30 nach außen.

Das in Figur 1 obere Ende des inneren Ventilelements 16 ist als Druckstange mit einer kreisförmigen Steuerfläche 32 ausgebildet. Wenn beide Ventilelemente 16 beziehungsweise 18 an den entsprechenden Dichtkanten 24 und 26 anliegen, liegt in etwa auf gleicher Höhe wie die Steuerfläche 32 des inneren Ventilelements 16 eine entsprechende ringförmige Steuerfläche 34 einer Druckstange des äußeren Ventilelements 18. Ein Teil der ringförmigen Steuerfläche 34 ist konisch und wird nach radial innen von einem Dichtbereich 36 begrenzt, dessen Funktion weiter unten genauer erläutert wird. Die Steuerflächen 32 und 34 begrenzen einen gemeinsamen hydraulischen Steuerraum 38, der ferner vom Düsenkörper 14 und einem Gegenstück 40 umschlossen wird. Eine Ventulfeder 41 beaufschlagt das äußere Ventilelement 18 in Schließrichtung.

Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 weist ferner einen in Figur 1 nur symbolisch dargestellten Hochdruckanschluss 42 auf, der im Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 üblicherweise an eine Kraftstoff-Sammelleitung (nicht dargestellt) eines Common-Rail-Einspritzsystems angeschlossen ist. Vom Hochdruckanschluss 42 führt ein insgesamt in Längsrichtung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 verlaufender Kanal 44 bis zu einem ringförmigen Druckraum 46 am unteren Ende der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10, der bei geschlossenem äußeren Ventilelement 18 von dem radial auswärts von der Dichtkante 26 liegenden Bereich der Druckfläche 22 des äußeren Ventilelements 18 begrenzt wird.

In einem in Figur 1 oberhalb des Gegenstücks 40 angeordneten Gehäusestück 48 ist in die zum Gegenstück 40 weisende Stirnfläche eine Ringnut 50 eingebracht, die über einen Stichkanal 52 mit dem Kanal 44 verbunden ist. Im Gegenstück 40 ist ein Hochdruckkanal 54 ausgebildet, welcher die Ringnut 50 mit dem Steuerraum 38 verbindet. Der Hochdruckkanal 54 umfasst eine Zulaufdrossel 56.

Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 weist ferner einen in Figur 1 ebenfalls nur schematisch dargestellten Niederdruckanschluss 58 auf. Dieser ist im Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 üblicherweise mit einer Rücklaufleitung (nicht dargestellt) verbunden, die zu einem Kraftstoffbehälter zurückführt. Am Niederdruckanschluss 58 herrscht daher im Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 in etwa Umgebungsdruck, wohingegen am Hochdruckanschluss 42 ein sehr hoher Druck von bis zu 2000 bar anliegt.

Der Niederdruckanschluss 58 führt zu einer Schaltkammer 60, auf die weiter unten im Detail eingegangen werden wird. Von der Schaltkammer 60 führt im Gegenstück 40 ein Steuerkanal 62 zum Stellerraum 38. Im Steuerkanal 62 ist eine

5 Abströmdrossel 64 vorhanden. Von der Schaltkammer 60 führt ferner über eine Drosselstelle 66 ein Bypasskanal 68 zur Ringnut 50, die mit dem Hochdruckanschluss 42 in Verbindung steht. Der Bypasskanal 68 ist durch zwei in einem Winkel zueinander stehende Bohrungsabschnitte 68a und 68b  
10 realisiert.

In der Schaltkammer 60 ist ein zylindrisches Schaltelement 70 eines 3/3-Schaltventils 72 angeordnet. Das Schaltelement 70 wird von einer Ventillfeder 74 gegen einen ersten  
15 Ventilsitz 76 gedrückt, der in der Schaltkammer 60 zum Niederdruckanschluss 58 hin ausgebildet ist. Das Schaltelement 70 ist an eine Betätigungsstange 78 gekoppelt, welche von einem Piezoaktor 80 betätigt werden kann. Auf diese Weise kann das Schaltelement 70 gegen die  
20 Kraft der Ventillfeder 74 gegen einen zweiten Ventilsitz 82 gedrückt werden, der in der Schaltkammer 60 zum Bypasskanal 68 hin ausgebildet ist.

Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 arbeitet  
25 folgendermaßen:

In den Figuren 1 und 2 ist ein Betriebszustand der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 dargestellt, in dem das 3/3-Schaltventil 72 sich in einer ersten Schaltstellung 84  
30 befindet, in der das Schaltelement 70 am ersten Ventilsitz 76 anliegt und vom zweiten Ventilsitz 82 abgehoben ist. In diesem Fall wird der am Hochdruckanschluss 42 anliegende Kraftstoff-Hochdruck einerseits über den Hochdruckkanal 54 und andererseits aber auch über die Ringnut 50, den  
35 Bypasskanal 68, die Schaltkammer 60, und den Steuerkanal 62

in den Steuerraum 38 übertragen. Im Steuerraum 38 herrscht daher der auch am Hochdruckanschluss 42 anliegende hohe Kraftstoffdruck. Entsprechend wirken an den Steuerflächen 32 und 34 in Schließrichtung der Ventilelemente 16 und 18 wirkende hydraulische Kräfte. Zusätzlich wird das äußere Ventilelement 18 noch von der Ventilsfeder 41 in Schließrichtung beaufschlagt. Die Steuerflächen 32 und 34 sind dabei so bemessen, dass das innere Ventilelement 16 gegen den Brennraumdruck und das äußere Ventilelement 18 gegen den Brennraumdruck und den an der Druckfläche 22 angreifenden hohen Kraftstoffdruck sicher in der geschlossenen Position gehalten wird.

Nun wird die Vorgehensweise beschrieben, mit der ein Öffnen beider Ventilelemente 16 und 18 bewirkt wird (vgl. Figuren 3 und 4 sowie 6 und 8):

Hierzu wird das 3/3-Schaltventil 72 in eine zweite Schaltstellung 86 gebracht, in der es am zweiten Ventilsitz 82 anliegt. Hierdurch wird die Verbindung von der Schaltkammer 60 zum Hochdruckanschluss 42 hin unterbrochen, und stattdessen werden die Schaltkammer 60 und hierdurch auch der Steuerkanal 62 mit dem Niederdruckanschluss 58 verbunden. Daher kann nun Kraftstoff aus dem Steuerraum 38 über die Abströmdrossel 64 zum Niederdruckanschluss 58 hin abströmen.

Aufgrund des Vorhandenseins der Zulaufdrossel 56 ergibt sich hierdurch ein Druckabfall im Steuerraum 38. Dieser ist in Figur 6 durch das Bezugszeichen 88 gekennzeichnet. Sobald der Öffnungsdruck des äußeren Ventilelements 18 unterschritten wird - dieser liegt bei der vorliegenden Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 höher als der Öffnungsdruck des inneren Ventilelements 16 - hebt das äußere Ventilelement 18 aufgrund der an der Druckfläche 22

angreifenden hydraulischen Kraft gegen die Kraft der Ventilsfeder 41 von der Dichtkante 26 ab (Bezugszeichen 89 in Figur 8), so dass der Kraftstoff vom Druckraum 46 über die Kraftstoff-Austrittskanäle 28 austreten kann.

5

Wenn das Ventilelement 18 mit dem Dichtbereich 36 am Gegenstück 40 in Anlage kommt (Bezugszeichen 90 in Figur 6), wird der innerhalb der Dichtkante 36 liegende Bereich des Steuerraums 38 vom Zustrom neuen Kraftstoffs über den Hochdruckkanal 54 getrennt, bzw. dieser Zustrom wird zumindest gedrosselt. Der Druck in diesem radial innen liegenden Bereich des Steuerraums 38, der über den Steuerkanal 62 weiterhin mit dem Niederdruckanschluss 58 verbunden ist, sinkt daher weiter, bis auch das innere Ventilelement 16 mit seiner Druckfläche 20 von der Dichtkante 24 abhebt (Bezugszeichen 92 in Figur 6 bzw. 93 in Figur 8). Nun kann Kraftstoff auch aus den Kraftstoff-Austrittskanälen 30 austreten. Dies ist in Figur 4 dargestellt.

20

Aus Figur 6 erkennt man, dass der Druck im Steuerraum 38 insgesamt auf ungefähr ein Drittel seines ursprünglichen Wertes absinkt. Dieser Wert wird durch eine entsprechende Dimensionierung der Zulaufdrossel 56 und der Abströmdrossel 64 eingestellt. Dabei bleibt das äußere Ventilelement 18 weiterhin sicher in der geöffneten Stellung, da der Dichtbereich bzw. die Dichtkante 36 vom radial inneren Rand der Steuerfläche 34 etwas beabstandet ist, so dass an dem radial innerhalb von der Dichtkante 36 liegenden Bereich der Steuerfläche 34 weiterhin ein sehr niedriger Steuerdruck anliegt. Darüber hinaus kann die Dichtkante 36 so ausgestaltet werden, dass die Abdichtung zwischen dem radial äußeren und dem radial inneren Bereich des Steuerraums 38 nicht absolut ist, also weiterhin Kraftstoff

30



aus dem radial äußeren Bereich des Steuerraums 38 abströmen kann und dort für eine entsprechende Druckabsenkung sorgt.

Die Einspritzung wird beendet, indem das Schaltelement 70 wieder in Anlage an den ersten Ventilsitz 76 gebracht wird (Schaltstellung 84). Hierdurch wird die Schaltkammer 60 vom Niederdruckanschluss 58 getrennt und über den Bypasskanal 68 wieder mit dem Hochdruckanschluss 42 verbunden. Der Steuerraum 38 ist über den Steuerkanal 62 und den Hochdruckkanal 54 wieder mit dem Hochdruckanschluss 42 verbunden, was zu einem sehr schnellen Druckanstieg (Bezugszeichen 94) im Steuerraum 38 führt. Beide Ventilelemente 16 und 18 schließen in der Folge beinahe gleichzeitig (Bezugszeichen 96 und 98 in Figur 8).

Wenn nur das äußere Ventilelement 18 öffnen soll, wird folgendermaßen vorgegangen (Figur 5):

Das 3/3-Schaltventil 72 wird in eine dritte Schaltstellung 100 gebracht, in der sich sein Schaltelement 70 in einer Zwischenposition zwischen dem ersten Ventilsitz 76 und dem zweiten Ventilsitz 82 befindet. Es liegt also an keinem der beiden Ventilsitze 76 und 82 an. In diesem Schaltzustand 100 des 3/3-Schaltventils ist die Schaltkammer 60 einerseits mit dem Niederdruckanschluss 58 und andererseits über den Bypasskanal 68 auch mit dem Hochdruckanschluss 42 verbunden. In der Schaltkammer 60 stellt sich daher ein Druck ein, der unterhalb des hohen Kraftstoffdrucks am Hochdruckanschluss 42, jedoch oberhalb jenes Druckes liegt, der bei der in den Figuren 3 und 4 gezeigten Schaltstellung des 3/3-Schaltventils 72 in der Schaltkammer 60 herrscht.

Durch die Verbindung der Schaltkammer 60 mit dem Steuerraum 38 über den Steuerkanal 62 sinkt auch im Steuerraum 38 der Druck (Bezugszeichen 88 in Figur 7), jedoch ebenfalls nicht

so stark, wie bei der in den Figuren 3 und 4 bzw. 6 und 8 gezeigten zweiten Schaltstellung 86 des 3/3-Schaltventils. Der entsprechende Bereich der Druckkurve trägt in Figur 7 das Bezugszeichen 102. Man erkennt, dass der Druck ungefähr auf die Hälfte des Ausgangsdrucks absinkt. Die Druckabsenkung im Steuerraum 38 ist jedoch so ausreichend stark, dass das äußere Ventilelement 18 aufgrund der an der Druckfläche 22 angreifenden hydraulischen Kraft von der Dichtkante 26 abhebt (Bezugszeichen 89 in Figur 9), so dass der Kraftstoff vom Druckraum 46 zu den Kraftstoff-Austrittskanälen 28 strömen und aus diesen austreten kann. Auch hier bewegt sich das Ventilelement 18 so weit, bis es mit der Dichtkante 36 am Gegenstück 40 in Anlage kommt (Bezugszeichen 90 in Figur 7), was eine nochmalige Druckabsenkung im Steuerraum 38 bewirkt, welche jedoch nicht so stark ist, dass das innere Ventilelement 16 öffnet.

Um das Öffnen des äußeren Ventilelements 18 zu beschleunigen, kann das 3/3-Schaltventil 72 auch zunächst in die zweite Schaltstellung 86 gebracht werden, in welcher das Schaltelement 70 am zweiten Ventilsitz 82 anliegt. Noch bevor das äußere Ventilelement 18 mit dem Dichtbereich 36 am Gegenstück 40 in Anlage kommt, wird dann das 3/3-Schaltventil 72 in die dritte Schaltstellung 100 gebracht, wodurch verhindert wird, dass der Druck im Steuerraum 38 zu stark abfällt.

Ferner sei darauf hingewiesen, dass die Einstellung des "Zwischendrucks", welcher in der Schaltkammer 60 herrscht, wenn sich das Schaltelement 70 in der Zwischenposition 100 zwischen erstem Ventilsitz 76 und zweitem Ventilsitz 82 befindet, auch durch den Spalt zwischen dem Schaltelement 70 und dem ersten Ventilsitz 76 eingestellt wird. Dieser

Spalt stellt eine Strömungsdrossel von der Schaltkammer 60 zum Niederdruckanschluss 58 hin dar.

Eine abgewandelte Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist in Figur 10 dargestellt. Dabei tragen hier und in den nachfolgenden Figuren solche Elemente und Bereiche, die äquivalente Funktionen zu in den vorhergehenden Figuren gezeigten Elementen und Bereichen aufweisen, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert.

Die in Figur 10 gezeigte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 unterscheidet sich von der oben beschriebenen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nur durch die Ausgestaltung des Schaltventils 72: Dieses ist nicht als 3/3-Schaltventil, sondern als 3/2-Schaltventil ausgebildet. Als solches kann es in einer ersten Schaltstellung 84 den Hochdruckanschluss 42 über die Ringnut 50 und den Bypasskanal 68 sowie den Steuerkanal 62 direkt mit dem Steuerraum 38 verbinden. In dieser Schaltstellung herrscht im Steuerraum 38 also der maximale Druck, der dem am Hochdruckanschluss 42 herrschenden Druck entspricht. In der zweiten Schaltstellung 86 wird der Steuerraum 38 dagegen über die Abströmdrossel 64 und den Steuerkanal 62 mit dem Niederdruckanschluss 58 verbunden. In dieser Schaltstellung herrscht im Steuerraum 38 daher ein vergleichsweise niedriger Druck, der sich aus der Auslegung der Abströmdrossel 64 und der Zuströmdrossel 56 ergibt.

Wie bereits im Zusammenhang mit dem in den Figuren 1 bis 9 gezeigten Ausführungsbeispiel ausgeführt wurde, sind bei hohem Druck im Steuerraum 38 beide Ventilelemente 16 und 18 geschlossen. Bei niedrigem Druck sind beide Ventilelemente 16 und 18 geöffnet. Soll nur das äußere Ventilelement 18 geöffnet sein, muss im Steuerraum 38 ein mittleres

Druckniveau eingestellt werden. Bei der in Figur 10 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 wird ein solches mittleres Druckniveau durch ein aufeinanderfolgendes und fortgesetztes Öffnen und Schließen des Schaltventils 72 bewirkt.

Wie auch aus den Figuren 11 und 12 hervorgeht, bedeutet dies, dass zunächst das Schaltventil 72 in die geöffnete Schaltstellung 86 gebracht wird (Kurve 96 in Figur 11), so dass der Druck im Steuerraum 38 absinkt, was zunächst zum Öffnen der äußeren Nadel 18 führt (Kurve 98 in Figur 11). Kurz bevor oder gerade wenn das äußere Ventilelement 18 seine geöffnete Endstellung erreicht, in der es am Gegenstück 40 in Anlage kommt (gestrichelte horizontale Linie in Figur 11), wird das Schaltventil 72 wieder in die geschlossene Schaltstellung 84 gebracht. Hierdurch steigt der Druck im Steuerraum 38 wieder und das äußere Ventilelement 18 beginnt mit einer Schließbewegung. Bevor jedoch das äußere Ventilelement 18 so weit geschlossen ist, dass die Strömung zwischen der Dichtkante 26 und der Druckfläche 22 (vgl. Figur 1) gedrosselt wird, wird das Schaltventil 72 wieder in die geöffnete Schaltstellung 86 gebracht. Auf diese Weise stellt sich im Steuerraum 38 ein mittleres Druckniveau ein, bei dem das äußere Ventilelement 18 geöffnet, das innere Ventilelement 16 jedoch noch geschlossen ist.

In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel wird anstelle des in Figur 10 gezeigten 3/2-Schaltventils 72 ein 2/2-Schaltventil eingesetzt. Bei der entsprechenden Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist dann kein Bypasskanal vorhanden, so dass in der geschlossenen Schaltstellung des 2/2-Schaltventils der Steuerkanal 62 einfach gesperrt ist.

Wie aus Figur 12 hervorgeht, ist es ferner möglich, dass das Schaltventil 72 mit einer sehr schnellen Schaltfrequenz geöffnet und geschlossen wird (Kurve 96 in Figur 12), beispielsweise bei einer gepulsten oder getakteten Ansteuerung. Dem kann die Strömung nicht so schnell folgen, so dass sich im Steuerraum kein stark schwankender Steuerdruck, sondern ein relativ konstanter mittlerer Druck einstellt. Entsprechend nimmt das äußere Ventilelement eine relativ konstante mittlere Position (Kurve 98) knapp vor dem Anschlag (horizontale gestrichelte Linie) ein.

Eine weitere mögliche Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist in Figur 13 dargestellt. Bei dieser ist ebenfalls ein 3/3-Schaltventil 72 vorhanden, jedoch fehlt ein Bypasskanal. Stattdessen führen von der Schaltkammer 60 zwei parallele Steuerkanäle 62a und 62b zum Steuerraum 38. Der eine Steuerkanal 62a mündet in die Schaltkammer 60 am zweiten Ventilsitz 82. Bei geöffnetem Schaltventil 72 ist dieser Steuerkanal 62a also verschlossen. Der zweite Steuerkanal 62b mündet seitlich neben dem Schaltelement 70 in die Schaltkammer 60. Beide Steuerkanäle 62a und 62b umfassen Abströmdrosseln 64a und 64b, deren Drosselwirkung unterschiedlich ist.

Bei der in Figur 13 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist das Schaltelement 70 ferner nicht direkt mit dem Piezoaktor 80 gekoppelt, sondern mittels eines hydraulischen Übersetzers 104. Dieser umfasst eine Übersetzerkammer 106, in die auf der einen Seite ein zylindrisches Übersetzerelement 108 ragt, welches über die Betätigungsstange 78 mit dem Schaltelement 70 verbunden ist. Ein mit dem Piezoaktor 80 gekoppelter Übersetzungskörper 110 ragt ebenfalls in die Übersetzerkammer 106. Der Durchmesser des

Übersetzungskörpers 110 ist größer als jener des Übersetzerelements 109.

Die Übersetzerkammer 106 ist mit Kraftstoff gefüllt. Hierzu  
5 ist die Übersetzerkammer 106 über eine Stichleitung 112, in  
der ein Rückschlagventil 114 angeordnet ist, an eine  
Leckageleitung 116 angeschlossen. Diese führt zum  
Niederdruckanschluss 58. Eine entsprechende Stichleitung  
118 führt auch zum Schaltventil 72 sowie zu einem Ringraum  
10 120, in dem die Druckfeder 41 angeordnet ist, und in den,  
über einen Leckagekanal 122, Leckagefluid gelangen kann,  
welches vom Steuerraum 38 durch den Spalt zwischen den  
oberen Bereichen der beiden Ventilelemente 16 und 18  
hindurchtritt. Auf diese Weise wird die Übersetzerkammer  
15 106 mit dem vom Steuerventil 72 und vom Ringraum 120  
abströmenden Leckagefluid gespeist.

Aufgrund der unterschiedlichen Durchmesser des  
Übersetzerelements 108 und des Übersetzungskörpers 110  
20 führt eine Längenänderung des Piezoaktors 80 zu einem Hub  
des Schaltelements 70, der größer ist als die  
Längenänderung des Piezoaktors 80. Liegt das Schaltelement  
70 am ersten Ventilsitz 76 an, sind die beiden Steuerkanäle  
62a und 62b vom Niederdruckanschluss 58 getrennt. Im  
25 Steuerraum 38 herrscht daher ein hoher Druck, und die  
beiden Ventilelemente 16 und 18 sind geschlossen.

Wird das Schaltventil 72 so geöffnet, dass das  
Schaltelement 70 zwischen dem ersten Ventilsitz 76 und dem  
30 zweiten Ventilsitz 82 positioniert ist, kann Kraftstoff aus  
dem Steuerraum 38 über beide Steuerkanäle 62a und 62b zum  
Niederdruckanschluss 58 hin abströmen. Der Druck im  
Steuerraum 38 sinkt daher stark ab, so dass beide  
Ventilelemente 16 und 18 öffnen.

Wird das Schaltelement 70 dagegen in eine Position gebracht, in welcher es am zweiten Ventilsitz 82 anliegt, ist der Steuerkanal 62a verschlossen. Kraftstoff kann aus dem Steuerraum 38 zum Niederdruckanschluss 58 hin nur über  
 5 den Steuerkanal 62b abströmen. Die Abströmdrossel 64b und die Zuströmdrossel 56 sind so aufeinander abgestimmt, dass sich in diesem Fall ein mittleres Druckniveau im Steuerraum 38 einstellt, bei dem zwar das äußere Ventilelement 18 öffnet, das innere Ventilelement 16 jedoch geschlossen  
 10 bleibt.

Eine nochmals abgewandelte Ausführungsform ist in Figur 14 gezeigt. Die Unterschiede betreffen dabei die Endbereiche der Ventilelemente 16 und 18. Man erkennt, dass am inneren  
 15 Ventilelement 16 ein Ringbund 124 ausgebildet ist, der in einer Ausnehmung 126 im Endbereich des äußeren Ventilelements 118 positioniert ist. In Ruheposition, wenn beide Ventilelemente 16 und 18 geschlossen sind, sind die axialen Endflächen der Ausnehmung 126 vom Ringbund etwas  
 20 beabstandet.

Die in Figur 14 gezeigte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung arbeitet ähnlich wie jene von Figur 13. Wird jedoch das äußere Ventilelement 18 geöffnet, kommt die in Figur 14  
 25 untere Randfläche der Ausnehmung 126 in Anlage an den Ringbund 124. Die hierdurch vom äußeren Ventilelement 18 auf das innere Ventilelement 16 zusätzlich ausgeübte und in Öffnungsrichtung wirkende Kraft führt dazu, dass nun auch das innere Ventilelement 16 öffnet. Die in Figur 14 untere  
 30 Begrenzungsfläche der Ausnehmung 126 im äußeren Ventilelement 18 wirkt daher wie ein Mitnehmer für das innere Ventilelement 16.

Die axiale Lage des Ringbunds 124 und der Ausnehmung 126  
 35 sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass der untere Rand

der Ausnehmung 126 erst kurz vor Erreichen des Maximalhubs des äußeren Ventilelements 18 an dem Ringbund 124 des inneren Ventilelements 16 anstößt. Hierdurch kann eine gestufte Einspritzrate ("Bootinjection") erreicht werden, 5 die eine Reduktion der Emissionen der Brennkraftmaschine, bei der die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 eingesetzt wird, ermöglicht. Die Steuerfläche 32 des inneren Ventilelements 16 ist ferner so ausgelegt, dass auch dann, wenn beide Steuerkanäle 62a und 62b "aktiviert" sind, wenn 10 also im Steuerraum 38 der minimal mögliche Druck herrscht, das innere Ventilelement 16 erst dann öffnet, wenn die Ausnehmung 126 am Ringbund 124 anstößt.

Eine nochmals abgeänderte Ausführungsform einer Kraftstoff- 15 Einspritzvorrichtung 10 ist in Figur 15 gezeigt: Bei dieser sind die Ventilelemente 16 und 18 einteilig ausgeführt. Der Steuerraum 38 wird radial nicht durch das Gehäuse 12, sondern durch eine Hülse 128 begrenzt, welche an ihrem in Figur 15 oberen Rand eine Dichtkante (ohne Bezugszeichen) 20 aufweist. Diese Dichtkante wird von der Druckfeder 41 gegen die den Steuerflächen 32 und 34 der Ventilelemente 16 und 18 gegenüberliegende Gehäusefläche (ohne Bezugszeichen) gedrückt.



5

## Ansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) für eine Brennkraftmaschine, mit mindestens zwei Ventilelementen (16, 18), welche jeweils eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche (32, 34) aufweisen, denen ein hydraulischer Steuerraum (38) zugeordnet ist, mit einem Steuerventil (72), welches den Druck in dem Steuerraum (38) beeinflusst, und mit Beaufschlagungseinrichtungen (20, 22), welche in Öffnungsrichtung der Ventilelemente (16, 18) wirken können, wobei die im Steuerraum (38) herrschenden hydraulischen Öffnungsdrücke der Ventilelemente (16, 18) unterschiedlich sind, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Steuerventil (72) im Steuerraum (38) mindestens drei unterschiedliche Druckniveaus eingestellt werden können, wobei bei einem vergleichsweise hohen Druckniveau alle Ventilelemente (16, 18) geschlossen, bei einem mittleren Druckniveau ein Ventilelement (18) geöffnet, und bei einem vergleichsweise niedrigen Druckniveau alle Ventilelemente (16, 18) geöffnet sind.

2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerraum (38) über eine Zulaufdrossel (56) mit einem Hochdruckanschluss (42) verbunden ist, und dass das Steuerventil (72) einerseits mit dem Steuerraum (38) und andererseits mit einem Niederdruckanschluss (58) verbunden ist.

3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (72) eine Schaltkammer (60) mit einem Schaltelement (70) aufweist,

welches in einer ersten Schaltstellung (84) an einem zum Niederdruckanschluss (58) führenden ersten Ventilsitz (76) anliegt, in einer zweiten Schaltstellung (86) an einem zu einem Bypasskanal (68) führenden zweiten Ventilsitz (82)

5 anliegt, wobei der Bypasskanal (68) mit dem Hochdruckanschluss (42) verbunden ist, und in einer dritten Schaltstellung (100) weder am ersten Ventilsitz (76) noch am zweiten Ventilsitz (82) anliegt.

4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 3,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (72) in der dritten Schaltstellung (100) zum Niederdruckanschluss (42) hin eine Drosselstelle bildet.

5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der  
15 Stellerraum (38) mit dem Hochdruckanschluss (42) verbunden ist, dass das Steuerventil (72) über mindestens zwei Steuerkanäle (62a, 62b) mit dem Stellerraum (38) verbunden ist, und dass das Steuerventil (72) in einer ersten  
20 Schaltstellung (76) alle Steuerkanäle (62a, 62b) von einem Niederdruckanschluss (58) trennt, in einer zweiten Schaltstellung (82) einen Steuerkanal (62b) mit dem Niederdruckanschluss (58) verbindet, und in einer dritten Schaltstellung alle Steuerkanäle (62a, 62b) mit dem Niederdruckanschluss (58) verbindet.

25 6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stellerraum (38) mit einem Hochdruckanschluss (42) verbunden ist, dass das Steuerventil (72) den Stellerraum (62) in einer ersten  
Schaltstellung (86) mit einem Niederdruckanschluss (58)  
30 verbindet und in einer zweiten Schaltstellung (100) von diesem trennt, und dass das Steuerventil (72) fortgesetzt von der ersten Schaltstellung (86) in die zweite Schaltstellung (100) und zurück steuerbar ist.

7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (72) so ansteuerbar ist, dass durch den fortgesetzten Wechsel der Druck im Steuerraum (38) um ein mittleres Druckniveau  
5 schwankt.

8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (72) so schnell ansteuerbar ist, dass sich durch den fortgesetzten Wechsel ein konstantes mittleres Druckniveau einstellt.

10 9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilelemente (16, 18) koaxial sind und eine axiale Begrenzungsfläche des Steuerraums (38) einen Dichtbereich (36) aufweist, welcher in einer geöffneten Endstellung des  
15 äußeren Ventilelements (18) den Steuerraum (38) in einen äußeren, mit dem Hochdruckanschluss (42) verbundenen Bereich, und einen inneren, mit dem Steuerventil (62) verbundenen Bereich unterteilt.

10. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der  
20 vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (72) einen Piezoaktor (80) umfasst.

11. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil einen Ventilkörper (70) umfasst, der hydraulisch mit dem  
25 Piezoaktor (80) gekoppelt ist, wobei als Hydraulikfluid Leckagekraftstoff verwendet wird, welcher an einer Führung mindestens eines Ventilelements (16) auftritt.

12. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der  
30 vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ventilelement (18) einen in Öffnungsrichtung auf das andere Ventilelement (16) wirkenden Mitnehmer (126) aufweist.

13. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Mitnehmer (126) so ausgebildet ist, dass er erst kurz vor Erreichen des Maximalhubs des einen Ventilelements (18) an das andere Ventilelement (16) anstößt.

14. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die in Öffnungsrichtung des anderen Ventilelements (16) wirkende Beaufschlagungseinrichtung (20) und die hydraulische Steuerfläche (32) des anderen Ventilelements (16) so abgestimmt sind, dass dieses Ventilelement (16) erst öffnet, wenn zusätzlich vom Mitnehmer (124) des einen Ventilelements (18) eine in Öffnungsrichtung wirkende Kraft ausgeübt wird.

15. Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10), dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Öffnen nur eines Ventilelements (18) zunächst der Steuerraum (38) mit einem Niederdruckanschluss (58) und dann gleichzeitig mit dem Niederdruckanschluss (58) und einem Hochdruckanschluss (42) verbunden wird.

16. Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Öffnen nur eines Ventilelements (18) zunächst der Steuerraum (38) mit dem Niederdruckanschluss (58) und danach zusätzlich mit dem Hochdruckanschluss (42) verbunden wird.

17. Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach Anspruch 6 das Schaltventil (72) geschlossen wird, kurz bevor der Druck im

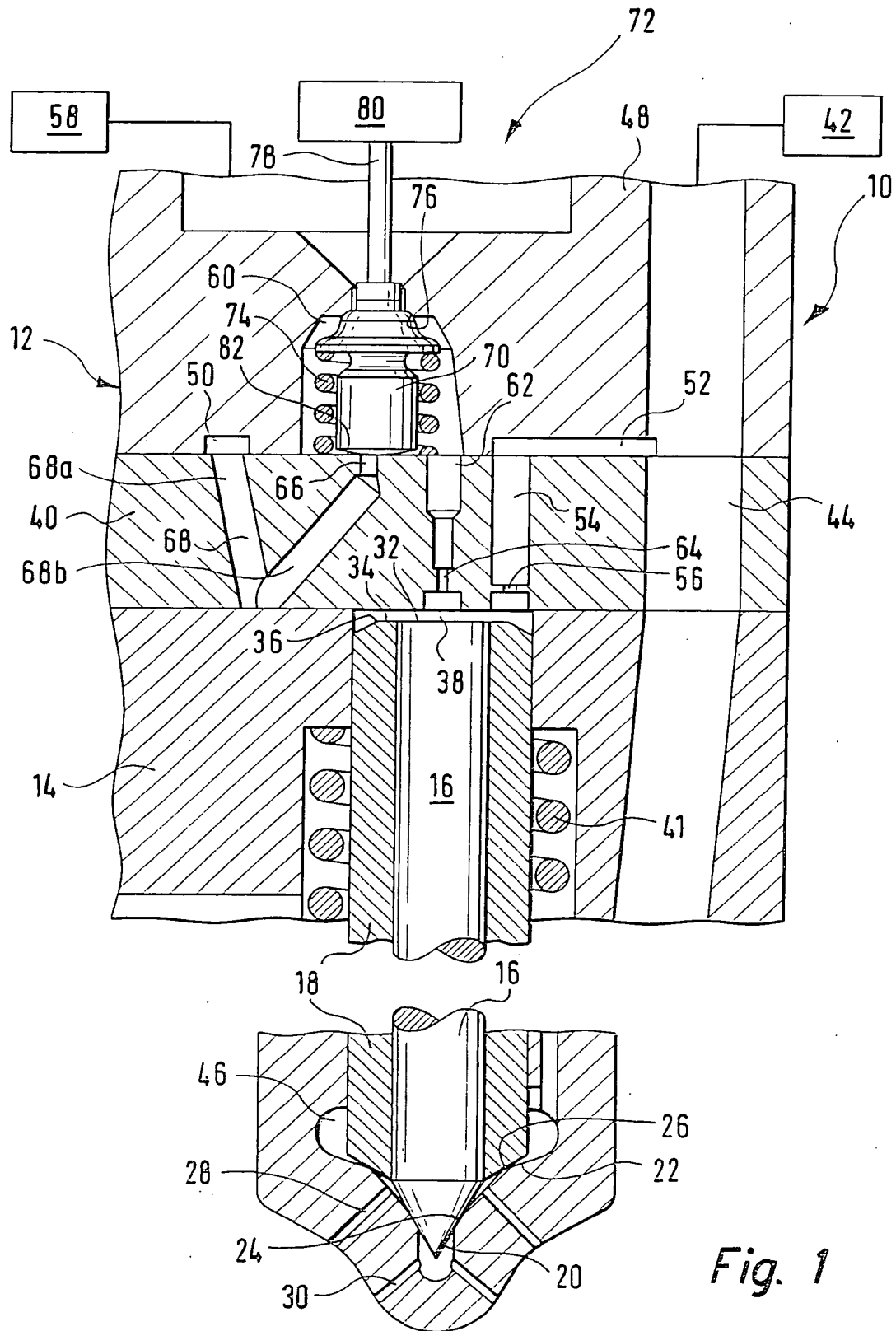
Steuerraum (38) soweit abgesunken ist, dass das innere Ventilelement (16) öffnet, und wieder geöffnet wird, kurz bevor das äußere Ventilelement (18) schließt.

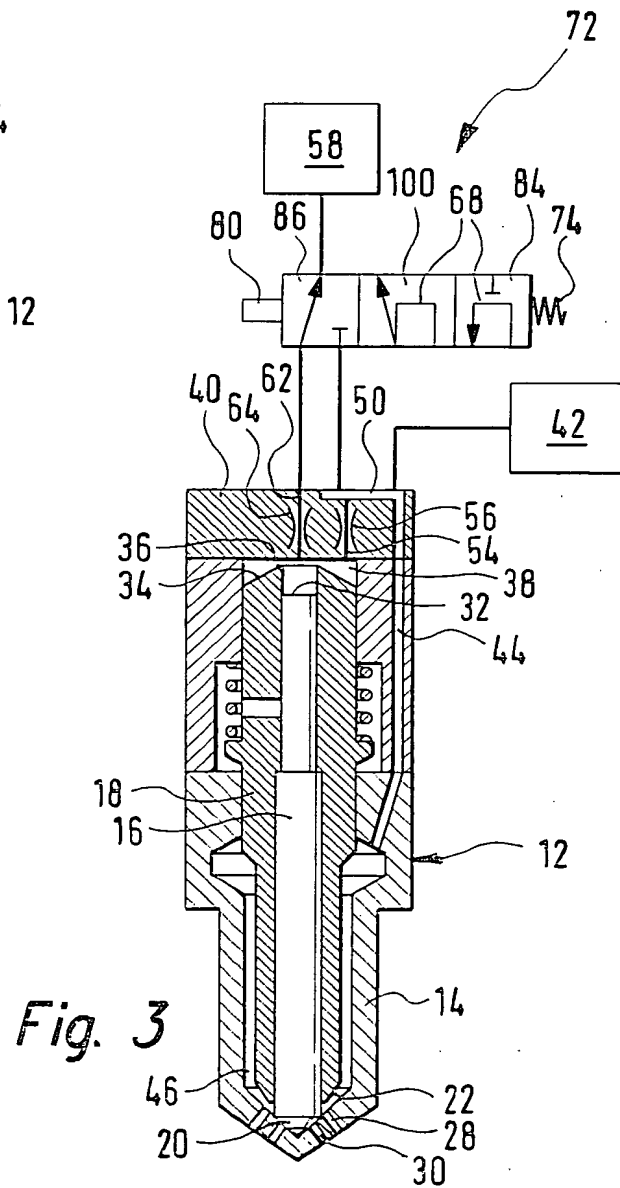
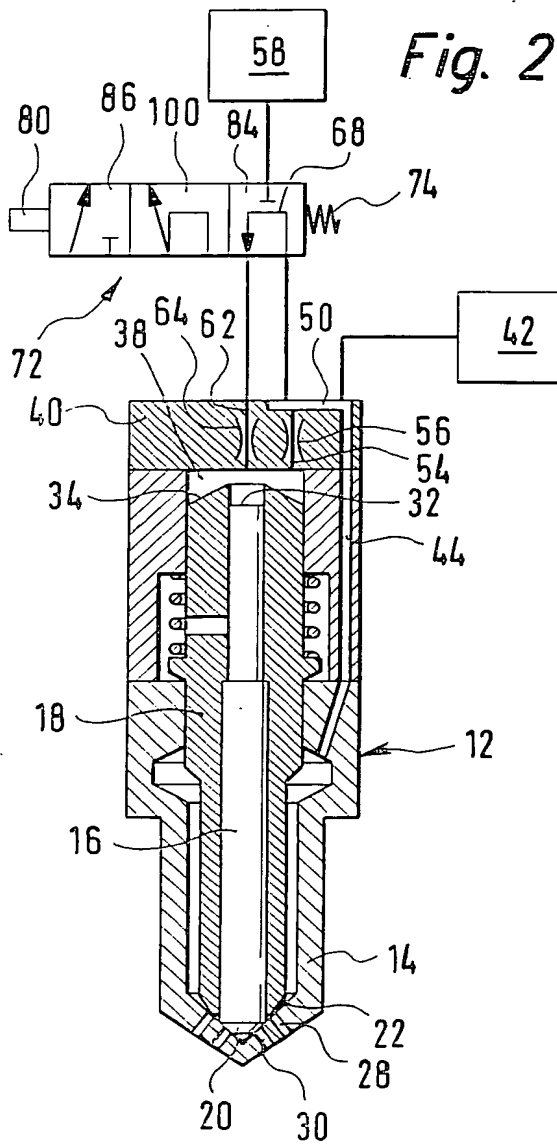
5

## Zusammenfassung

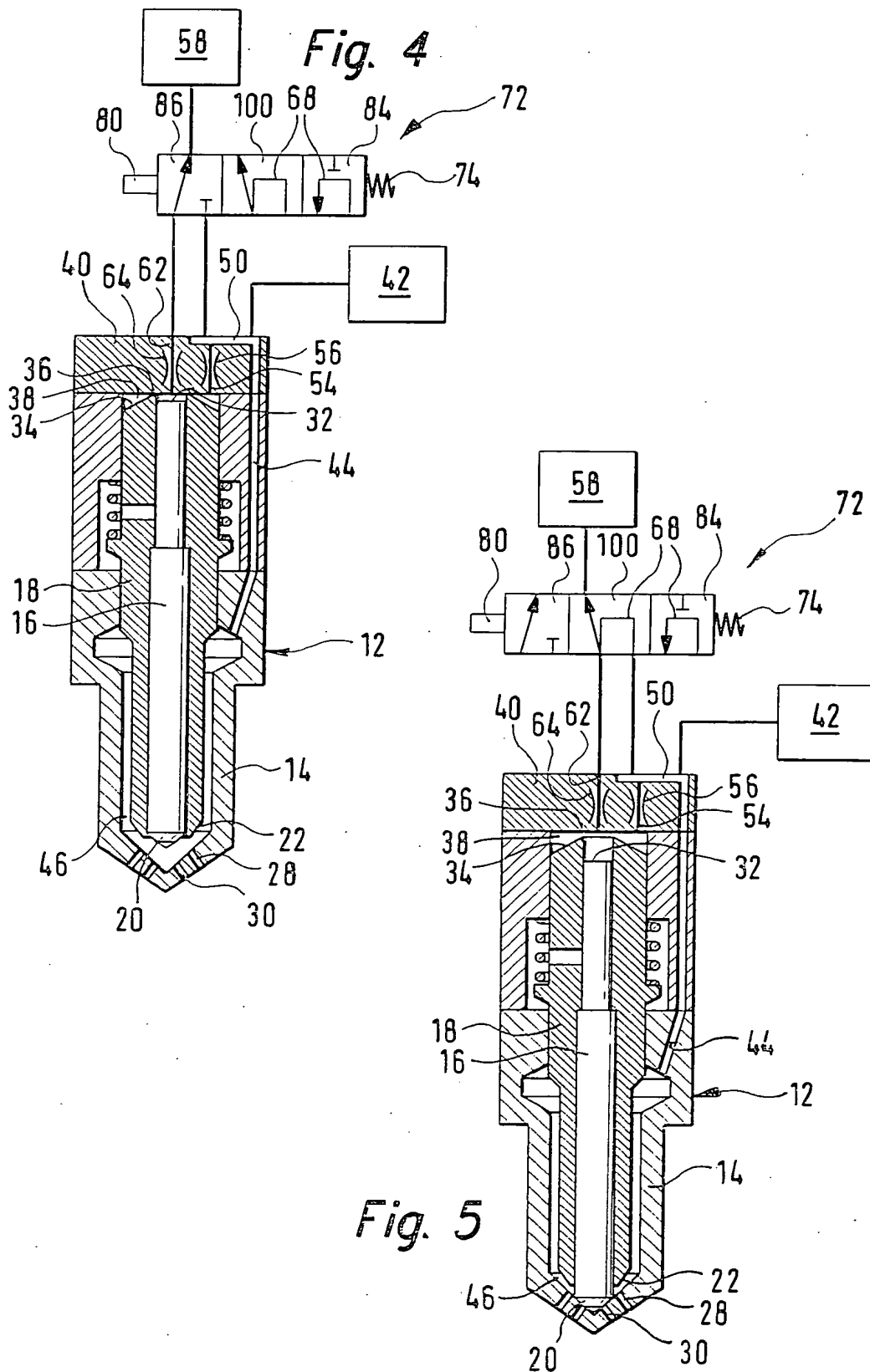
Die Erfindung betrifft eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) für eine Brennkraftmaschine, welche zwei Ventilelemente (16, 18) umfasst, die jeweils eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche (32, 34) aufweisen. Diesen ist ein hydraulischer Steuerraum (38) zugeordnet ist. Ferner ist ein Steuerventil (72) vorhanden, welches den Druck in dem Steuerraum (38) beeinflusst, sowie Beaufschlagungseinrichtungen (20, 22), welche in Öffnungsrichtung der Ventilelemente (16, 18) wirken können. Die im Steuerraum (38) herrschenden hydraulischen Öffnungsdrücke der Ventilelemente (16, 18) sind unterschiedlich. Es wird vorgeschlagen, dass durch das Steuerventil (72) im Steuerraum (38) mindestens drei unterschiedliche Druckniveaus eingestellt werden können, wobei bei einem vergleichsweise hohen Druckniveau alle Ventilelemente (16, 18) geschlossen, bei einem mittleren Druckniveau ein Ventilelement (18) geöffnet, und bei einem vergleichsweise niedrigen Druckniveau alle Ventilelemente (16, 18) geöffnet sind.

(Figur 5)









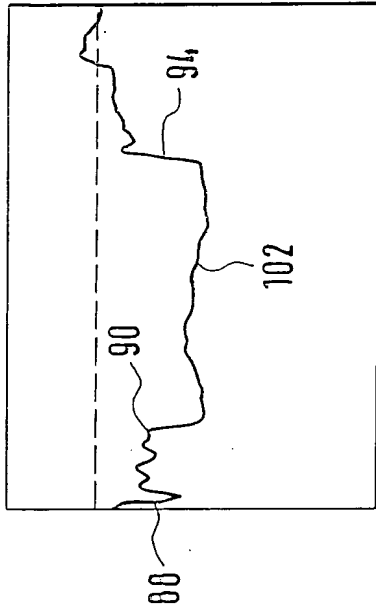


Fig. 7

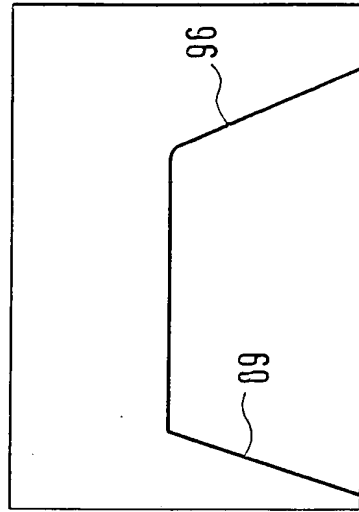


Fig. 9

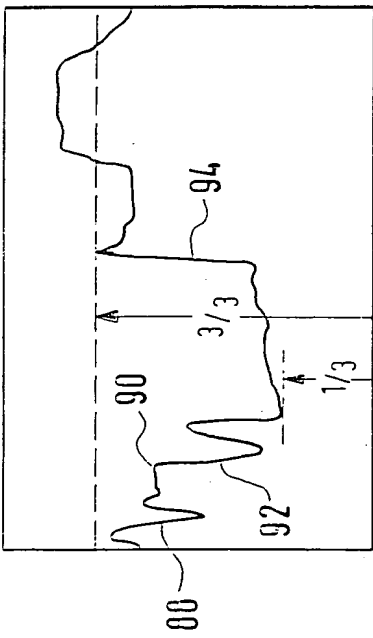


Fig. 6

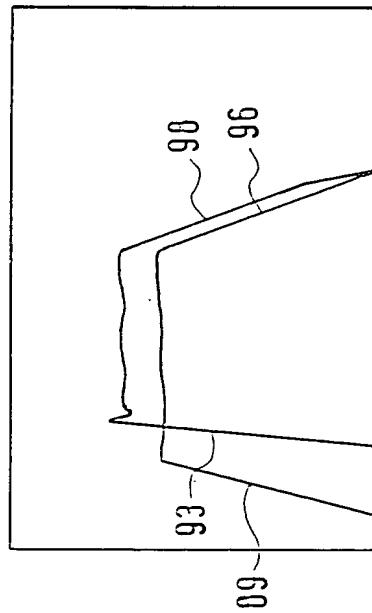
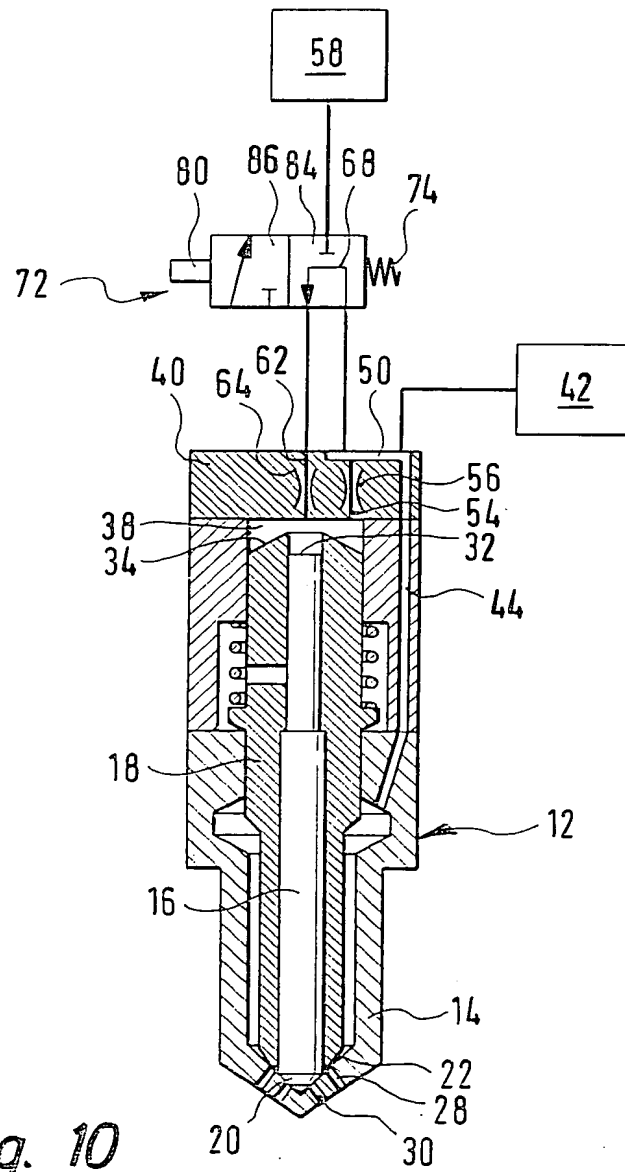
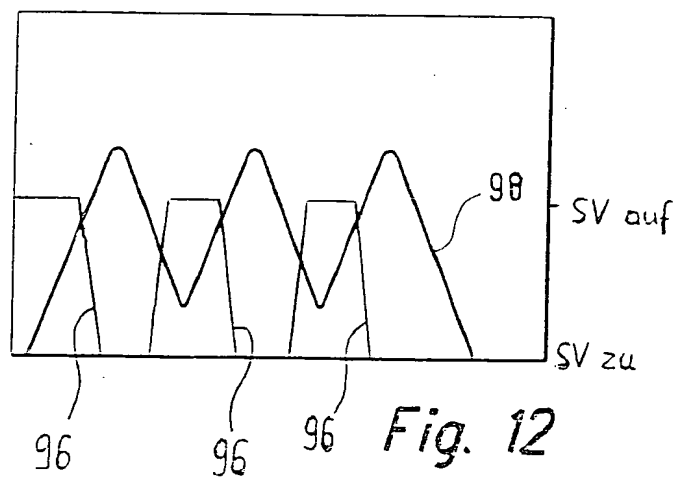
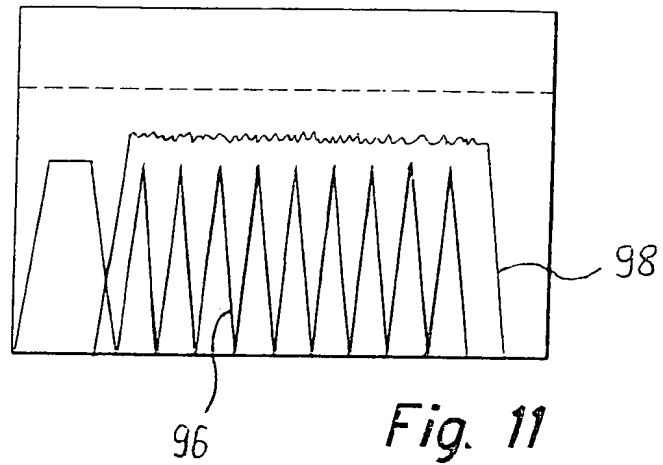
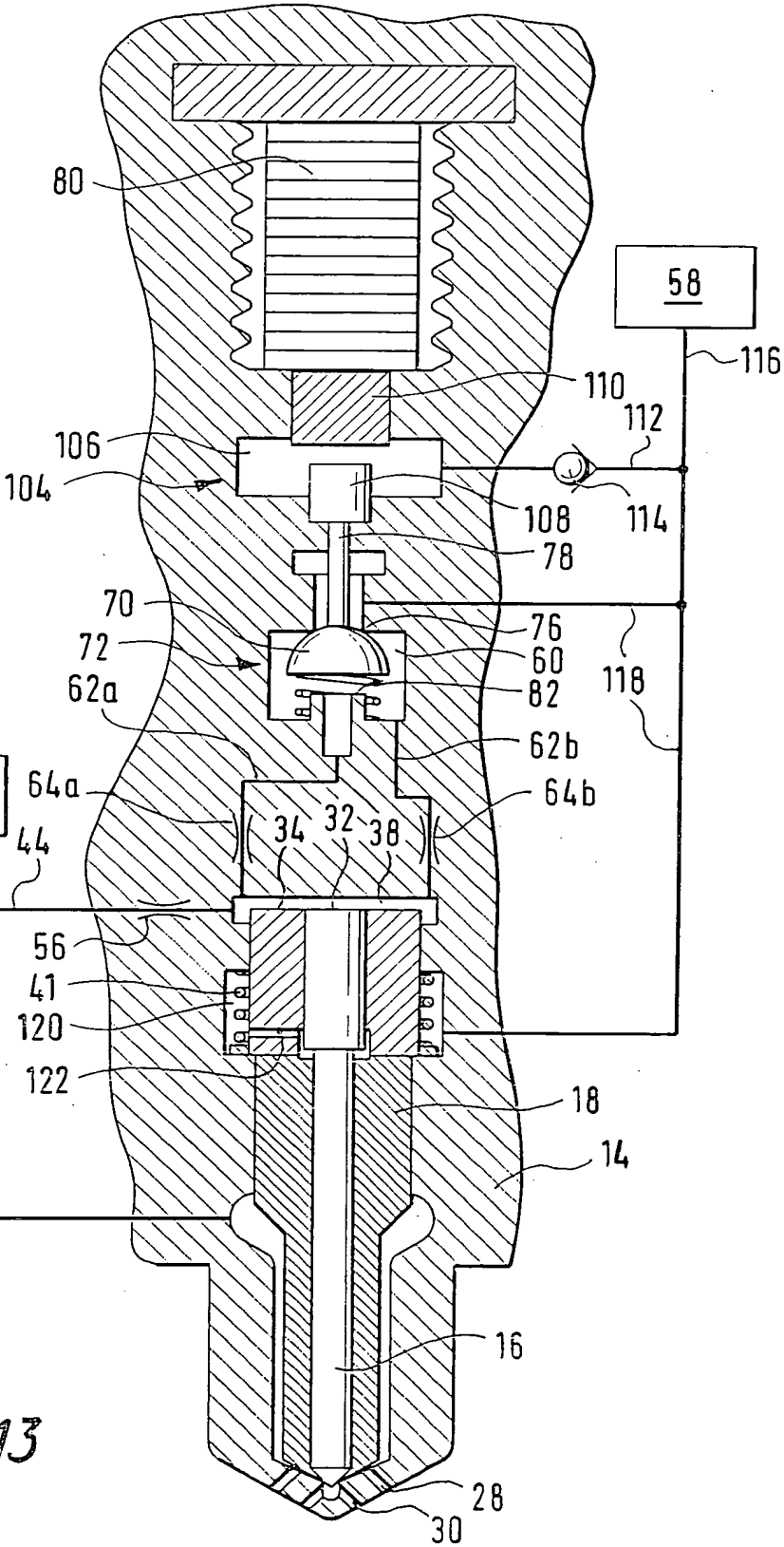


Fig. 8



*Fig. 10*





*Fig. 13*

